

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Hiroshi NAGASAKA et al.

Serial No.: New Application

Filed: September 25, 2003

For: APPARATUS FOR DETECTING AN AMOUNT OF STRAIN
AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

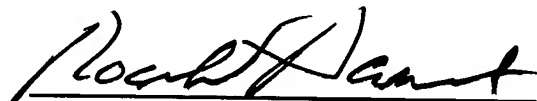
Japanese Patent Appln. No. 2002-287881 filed September 30, 2002.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. 119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

PARKHURST & WENDEL, L.L.P.



Roger W. Parkhurst
Registration No. 25,177

September 25, 2003
Date

RWP/ame
Attorney Docket No. ISHP:043
PARKHURST & WENDEL, L.L.P.
1421 Prince Street, Suite 210
Alexandria, Virginia 22314-2805
Telephone: (703) 739-0220

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 3 0 日
Date of Application:

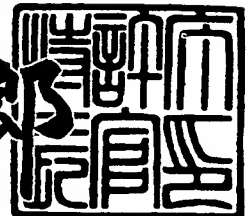
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 8 7 8 8 1
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 2 8 7 8 8 1]

出 願 人 長 野 計 器 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 1 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



【書類名】 特許願
【整理番号】 T430
【提出日】 平成14年 9月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 29/84
G01L 9/04 101

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区東馬込 1 - 3 0 - 4 長野計器株式会社内

【氏名】 長坂 宏

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区東馬込 1 - 3 0 - 4 長野計器株式会社内

【氏名】 吉田 直樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区東馬込 1 - 3 0 - 4 長野計器株式会社内

【氏名】 小玉 博志

【特許出願人】

【識別番号】 000150707

【氏名又は名称】 長野計器株式会社

【代理人】

【識別番号】 100083839

【弁理士】

【氏名又は名称】 石川 泰男

【電話番号】 03-5443-8461

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007191

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9710089

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 歪み量検出装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 起歪部上に絶縁膜を介して結晶性シリコン薄膜を形成し、前記結晶性シリコン薄膜を歪みゲージとして利用する歪み量検出装置において、

前記結晶性シリコン薄膜と絶縁膜との界面が多結晶体であることを特徴とする歪み量検出装置。

【請求項 2】 前記結晶性シリコン薄膜は、薄膜形成後、 $540\sim 590^{\circ}\text{C}$ でアニール処理されて形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の歪み量検出装置。

【請求項 3】 前記起歪部の本体が、 $\text{Ni } 3\sim 5\%$ 、 $\text{Cr } 15\sim 17.5\%$ 、 $\text{Cu } 3\sim 5\%$ を含んだマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼であることを特徴とする請求項 1 に記載の歪み量検出装置。

【請求項 4】 前記結晶性シリコン薄膜には、不純物が添加され、前記不純物は前記アニール処理前の前記結晶性シリコン薄膜の抵抗率が $7\times 10^{-3}\sim 3.3\times 10^{-2}\Omega\cdot\text{cm}$ となるように添加され、更に、前記アニール処理後の前記結晶性シリコン薄膜の抵抗率が、 $3\times 10^{-3}\sim 1.7\times 10^{-2}\Omega\cdot\text{cm}$ であることを特徴とする請求項 2 に記載の歪み量検出装置。

【請求項 5】 前記不純物がホウ素であることを特徴とする請求項 4 に記載の歪み量検出装置。

【請求項 6】 起歪部上に絶縁膜を介して結晶性シリコン薄膜を形成し、前記起歪部の本体を、 $\text{Ni } 3\sim 5\%$ 、 $\text{Cr } 15\sim 17.5\%$ 、 $\text{Cu } 3\sim 5\%$ を含んだマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼で形成した歪み量検出装置の製造方法であって、前記結晶性シリコン薄膜の抵抗率が $7\times 10^{-3}\sim 3.3\times 10^{-2}\Omega\cdot\text{cm}$ となるように前記結晶性シリコン薄膜にホウ素からなる不純物を添加する工程と、前記不純物を添加した結晶性シリコン薄膜を、抵抗率が $3.0\times 10^{-3}\sim 1.7\times 10^{-2}\Omega\cdot\text{cm}$ となるように $540\sim 590^{\circ}\text{C}$ でアニール処理する工程とを包含することを特徴とする歪み量検出装置の製造方法。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の歪み量検出装置の製造方法において、ガス導入を伴うプラズマ中でアニール処理をすることを特徴とする歪み量検出装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、気体や液体の圧力を測定する歪み量検出装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の歪み量検出装置における歪みゲージの形成方法として、プラズマ CVD 法を用い基板上に結晶性シリコン薄膜（歪みゲージ）を形成する方法が存在する（例えば、特許文献 1 参照。）。

【0003】

【特許文献 1】 特公平 6-70969 号公報

【0004】

上記方法を利用した従来の歪み量検出装置 35 は、図 7 に示すように、測定する流体等を導入するための空洞 30a を有するダイアフラム 30 上に絶縁層 31（シリコン酸化膜）を形成した後、多結晶シリコン薄膜を形成し、これを歪みゲージ 32 として利用している。

【0005】

この歪み量検出装置 35 は、プラズマ CVD 法を用い、590℃以下の温度において多結晶シリコン薄膜を形成し、この薄膜をフォトリソグラフィー等の技術を用いて適切な形状に加工して歪みゲージ 32 として用いられている。

【0006】

この歪みゲージ 32 は、多結晶シリコン薄膜を安価且つ大量に製作する場合に有利である。また、この歪みゲージ 32 の温度特性は、TCR（抵抗値の温度特性）が $-700 \sim -200$ PPM/℃、TCS（歪み感度の温度特性）が ± 300 PPM/℃とシリコン薄膜としては良好で、歪みゲージに適している。

【0007】

また、他の多結晶シリコン薄膜の形成方法として、590℃以下の温度において、プラズマCVD法、又はスパッタリング法等を用いてアモルファスシリコン薄膜を成膜した後、レーザアニール法によってアモルファスシリコン薄膜を結晶化させ、フォトリソグラフィー等の技術を用いて適切な形状に加工して歪みゲージとして使用されている。

【0008】

この歪みゲージは、比較的大粒径の多結晶シリコン薄膜を形成できることが特徴である。また、アモルファスシリコンを残留させないことも可能となる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記多結晶シリコン薄膜を歪みゲージとして使用する歪み量検出装置の歪みゲージ32としての多結晶シリコン薄膜は、結晶粒径が約0.1 μm 程度であり、特に、図8に示すように、その下層の絶縁膜31との界面33においてはアモルファス（非晶質）シリコンとなっている。このような構成の多結晶シリコン薄膜を歪みゲージとして用いた歪み量検出装置を比較的高温である雰囲気（100℃以上）にして連続で歪みを計測した場合、図9に示すように出力のゼロ点がクリープしていく現象（高温時の負荷特性）が発見された。これは、特に前記アモルファスシリコン部分の遅延弾性によって歪みゲージ自身が応力の印加されている方向（圧縮又は引張り）にクリープしたため発生したものである。

【0010】

また、上記アモルファスシリコン薄膜を結晶化させ歪みゲージとして使用方法は、圧力センサー一つ一つに対するレーザアニール工程であるため、量産性に向かない。また、多結晶シリコン薄膜歪みゲージの温度特性は粒径に大きく左右されるため、レーザアニール処理したシリコン薄膜のTCR（抵抗値の温度特性）は約2000PPM/℃、TCS（歪み感度の温度特性）は-1500PPM/℃に達し、歪み量検出装置としては適さないものになってしまう。

【0011】

本発明が解決しようとする課題には、上記した問題が一例として挙げられる。

【0012】

そこで、本発明は、絶縁膜上に形成した多結晶シリコン薄膜の温度特性を悪化させずに高温時の負荷特性を改善できる歪みゲージを備えた歪み量検出装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0013】**【課題を解決するための手段】**

以下、本発明について説明する。なお、本発明の理解を容易にするために添付図面の参照符号を括弧書きにて付記するが、それにより本発明が図示の形態に限定されるものではない。

【0014】

請求項1に記載の発明は、起歪部(5)上に絶縁膜(10)を介して結晶性シリコン薄膜を形成し、前記結晶性シリコン薄膜を歪みゲージ(15)として利用する歪み量検出装置(1)において、前記結晶性シリコン薄膜と絶縁膜との界面(9)が多結晶体であることを特徴とする。

【0015】

このようにすれば、多結晶シリコン薄膜の温度特性を悪化させずに、高温時の圧力負荷特性を大幅に改善することができる。

【0016】

請求項2の発明は、前記結晶性シリコン薄膜は、薄膜形成後、540～590℃でアニール処理されて形成されていることを特徴とする。

【0017】

このように、アニール処理の温度の上限を590℃とすることにより、この温度処理を後述する時効硬化熱処理に適用しても、結晶性シリコン薄膜の温度特性を悪化させず、且つ、高温時の圧力負荷特性を大幅に改善できる。また、アニール処理の温度の下限を540℃とすることにより、結晶性シリコン薄膜と絶縁膜界面に存在するシリコンのアモルファス部を多結晶化させることができるとともに、目的とする抵抗率が得られるため、高温時の圧力負荷特性を大幅に改善できる。

【0018】

請求項 3 の発明は、前記起歪部の本体が、Ni 3～5%、Cr 15～17.5%、Cu 3～5%を含んだマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼であることを特徴とする。

【0019】

このようにすれば、起歪み部の本体が、高弾性、高耐力を得ることができるので、起歪部の材質として好適である。

【0020】

請求項 4 の発明は、結晶性シリコン薄膜には、不純物が添加され、前記不純物は前記アニール処理前の前記結晶性シリコン薄膜の抵抗率が $7 \times 10^{-3} \sim 3.3 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ となるように添加され、更に、前記アニール処理後の前記結晶性シリコン薄膜の抵抗率が、 $3 \times 10^{-3} \sim 1.7 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ であることを特徴とする。また、請求項 5 の発明は、前記不純物がホウ素であることを特徴とする。

【0021】

このようにすれば、歪みゲージとしての結晶性シリコン薄膜のTCR（抵抗値の温度特性）を $-300 \sim +200 \text{ PPM}/^\circ\text{C}$ を達成できるので温度特性の良い歪みゲージとして用いることができる。また、歪み量検出装置としての高温時の負荷特性を大幅に改善することができる。

【0022】

請求項 6 の発明は、起歪部上に絶縁膜を介して結晶性シリコン薄膜を形成し、前記起歪部の本体を、Ni 3～5%、Cr 15～17.5%、Cu 3～5%を含んだマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼で形成した歪み量検出装置の製造方法であって、前記結晶性シリコン薄膜の抵抗率が $7 \times 10^{-3} \sim 3.3 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ となるように前記結晶性シリコン薄膜にホウ素からなる不純物を添加する工程と、前記不純物を添加した結晶性シリコン薄膜を、抵抗率が $3.0 \times 10^{-3} \sim 1.7 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ となるように $540 \sim 590^\circ\text{C}$ でアニール処理する工程とを包含することを特徴とする。

【0023】

このようにすれば、多結晶シリコン薄膜の温度特性を悪化させずに、高温時の

圧力負荷特性を大幅に改善した歪み量検出装置を得ることができる。

【0024】

請求項7の発明は、請求項6に記載の歪み量検出装置の製造方法において、ガス導入を伴うプラズマ中でアニール処理をすることを特徴とする。

【0025】

このようにすれば、アニール温度の低温下や、その時間を短縮することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、図1～図5を参照して、本発明による歪みゲージを備えた歪み量検出装置の実施形態について説明する。なお、本実施形態の歪み量検出装置は、例えば燃料噴射圧力制御検出器等に用いることができる。

【0027】

図1は歪み量検出装置を示し、図1(a)は断面図、図1(b)は平面図、図2は図1(a)のA部分拡大図である。図示のように、歪み量検出装置1は、起歪部として機能する金属製ダイアフラム本体5と、その金属製ダイアフラム本体5上部に形成される電氣的絶縁性膜（以下「絶縁膜10」と呼ぶ。）と、その絶縁膜10の上層に形成される歪みゲージ15、15と、絶縁膜10及び歪みゲージ15上に形成される電極パッド20、20と、歪みゲージ15及び電極パッド20上に形成される保護膜25と、を備えている。

【0028】

金属製ダイアフラム本体5は、円筒部6と、この円筒部6の上端を閉じる薄膜部7と、円筒部6の外周のフランジ部8とを含んで形成されている。また、この金属製ダイアフラム本体5は、Ni 3～5%、Cr 15～17.5%、Cu 3～5%を含んだマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼である。このマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼は弾性特性に優れ、且つ、高耐力の材料であり、起歪部の材質として好適である。また、このマルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼は、通常、熱間圧延、固溶化熱処理を行った後、時効硬化熱処理（析出硬化熱処理）によって炭素含有量の少ないマルテンサイト組織となり銅組成に富む

化合物が析出して硬化し、高弾性、高耐力を得ることができるものである。

【0029】

【表1】

種類	記号	条件
固溶化熱処理	S	1020～1060℃ 急冷
析出硬化熱処理	H900	S処理後 470～490℃ 空冷
	H1025	S処理後 540～560℃ 空冷
	H1075	S処理後 570～590℃ 空冷
	H1150	S処理後 610～630℃ 空冷

【0030】

【表2】

種類	記号	耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %	絞り %	硬さ	
						HBS又は HBW	HRC
固溶化熱処理	S	—	—	—	—	363以下	38以下
析出硬化熱処理	H900	1175以上	1310以上	10以上	40以上	375以上	40以上
	H1025	1000以上	1070以上	12以上	45以上	331以上	35以上
	H1075	860以上	1000以上	13以上	45以上	302以上	31以上
	H1150	725以上	930以上	16以上	50以上	277以上	28以上

【0031】

表1は、固有化熱処理を行った後に所定の時効硬化温度にて析出硬化熱処理を行う際の条件を示したものである。表2は、表1の条件にしたがって処理された材料の機械的性質を示したものである。

【0032】

本結果より、析出硬化熱処理における時効硬化温度は材料の機械的性質に影響を与えることがわかる。

【0033】

また、表2に示すように、引張り強さが最大となるのは、時効硬化温度が470～490℃の場合であり、その際は、引張り強さが1310N/mm²以上であることがわかる。また、時効硬化温度が570～590℃であっても、その際

の引張り強さは、 1000 N/mm^2 以上であることがわかる。

【0034】

薄膜部7の下端面は円筒部6の内面と接し、測定すべき流体や気体等（以下「流体等」と呼ぶ。）の圧力と接する受圧面6aとして機能する。また、円筒部6の下端には流体等の導管や容器等が気密的に固着され、円筒部6の内部に流体等が導入される。

【0035】

また、薄膜部7において、受圧面6aと反対側の、フランジ部8を含む外面7a（ダイアフラム本体上部）には鏡面加工が施される。

【0036】

絶縁膜10は、この外面7aに形成される。絶縁膜10は、例えば、シリコン酸化膜である。この絶縁膜10は、プラズマCVD法、又はスパッタリング法により形成される。

【0037】

歪みゲージ15は、ダイアフラム本体5が圧縮応力を受ける位置、及び引張り応力を受ける位置の絶縁膜10上に形成される。例えば、図1（b）に示すように、圧縮応力を受ける位置と引っ張り応力を受ける位置にそれぞれ2本ずつ計4本備えられる。また、歪みゲージ15と絶縁膜10との境を界面9と呼ぶ。

【0038】

この歪みゲージ15は、まず、プラズマCVD法やスパッタリング法によって、不純物としてボロンを含んだ結晶性シリコン薄膜を厚さ約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 形成した後、 $540\sim 590^\circ\text{C}$ でアニール処理を行って形成される。

【0039】

図6にアニール装置の一例の構造図を示す。アニール処理では前記の熱によるアニールのほか、図6に示す加熱系40、ガス導入系41、排気系42、電極43を有したアニール装置により基板44を $540\sim 590^\circ\text{C}$ に加熱すると共にガス導入、プラズマによるアシストを伴いアニールを施す方法により実施しても良い。その後、フォトリソグラフィとドライエッチングにより結晶性シリコン薄膜を加工して歪みゲージ15として用いられる。

【0040】

アニール処理の温度の上限を590℃としているのは、この温度処理を上記表1、及び表2に示す時効硬化処理（析出硬化熱処理）に適用しても、上記マルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼の高弾性、高耐力の特徴を生かすと共に歪み量検出装置の温度特性を悪化させず、且つ、高温時の圧力負荷特性を大幅に改善できるからである。また、アニール処理の温度を540℃としているのは、この温度以下では結晶性シリコン薄膜と絶縁膜との界面に存在する結晶性シリコン薄膜のアモルファス部分12を結晶化させることができず、目的とする抵抗率が得られないばかりか、結果として、高温時の圧力負荷特性も改善できないためである。そのため、アニール温度は540℃以上必要である。

【0041】

また、結晶性シリコン薄膜には不純物としてホウ素が添加される。ホウ素は、アニール処理前の抵抗率が $7 \times 10^{-3} \sim 3.3 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ となるように添加される。尚、アニール処理後の薄膜の抵抗率は、 $3 \times 10^{-3} \sim 1.7 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ である。

【0042】

図3に本発明の歪み量検出装置の不純物添加量に対するTCR特性図を示す。図示のように、不純物としてホウ素を添加することにより、TCR（抵抗値の温度特性）を $-700 \sim -200 \text{ PPM}/^\circ\text{C}$ とすることができる。これは、アニール処理後の歪みゲージのTCRが $-300 \sim 200 \text{ PPM}/^\circ\text{C}$ を達成できるようにするためである。これにより温度特性の良い歪みゲージを得られる。

【0043】

また、図4に本発明の歪み量検出装置に温度（140℃）、圧力（180 MPa）を印加した場合の高温時圧力負荷特性図を示す。図示のように、アニール処理前の薄膜の抵抗率（ $7 \times 10^{-3} \sim 3.3 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ ）を540～590℃でアニール処理することによって、アニール処理無しの場合と比較して、歪み量検出装置の高温時の圧力負荷特性が半分以下に改善される。

【0044】

また、図5にアニール処理前後におけるシリコン薄膜の比抵抗値特性図を示す

。図示のように、アニール処理することにより多結晶シリコン薄膜の結晶性が向上し、比抵抗値の減少が生じているものと推測できる。

【0045】

また、このアニール処理によって、図2に示すように、絶縁膜10と結晶性シリコン薄膜（歪みゲージ15）との界面9においてもアモルファスシリコン部分12が多結晶化される。尚、この結晶性シリコン薄膜は、結晶が絶縁膜10の表面に対して、柱状に成長した多結晶体である。

【0046】

電極パッド20は、圧縮応力及び引っ張り応力を受ける位置に設けられた歪みゲージ15、及び絶縁膜10と接するように備えられ、且つ、歪みゲージ15がフルブリッジ回路に結線されるように配線され、歪み変化に対して電圧出力が得られるようにする。この配線や電極パッドは金属薄膜（例えば、アルミニウム、金など）で形成され、真空蒸着法やスパッタリング法により成膜される。

【0047】

また、歪みゲージ15と電極パッド20の接触部を保護するように保護膜25が形成される。

【0048】

本発明は以上の実施形態に限定されることなく、種々の形態にて実施してよい。例えば、上記実施形態に示した歪み量検出装置1の配線は、必ずしも歪みゲージ4本を使用したフルブリッジ回路である必要はなく、歪みゲージ2本を使用したハーフブリッジ回路、歪みゲージ1本を使用したホイートストンブリッジ回路としても構わない。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の歪み量検出装置を示し、図1（a）は断面図、図1（b）は平面図である。

【図2】

図1（a）のA部分拡大図である。

【図3】

本発明の歪み量検出装置における不純物添加量に対する T C R 特性図である。

【図 4】

本発明の歪み量検出装置における歪みゲージの高温時圧力負荷特性図である。

【図 5】

アニール処理前後におけるシリコン薄膜の比抵抗値特性図である。

【図 6】

アニール装置の一例の構造図である。

【図 7】

従来の歪み量検出装置の外観断面図である。

【図 8】

図 5 の B 部分拡大図である。

【図 9】

従来の歪み量検出装置の歪みゲージの高温時圧力負荷特性図である。

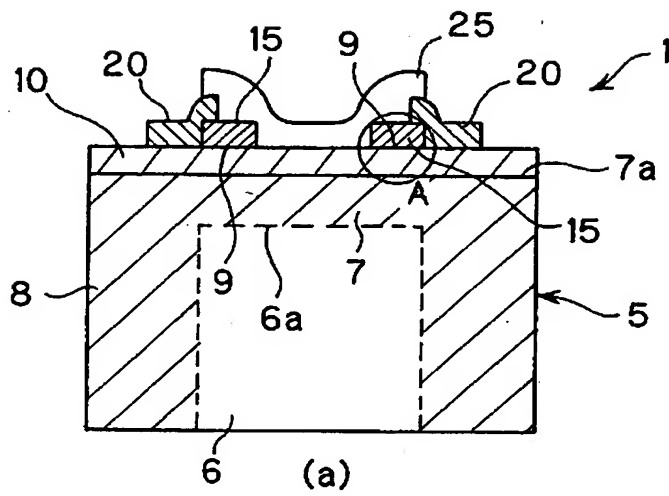
【符号の説明】

- 1 歪み量検出装置
- 5 起歪部（金属製ダイアフラム本体）
- 9 界面
- 10 絶縁膜
- 15 歪みゲージ

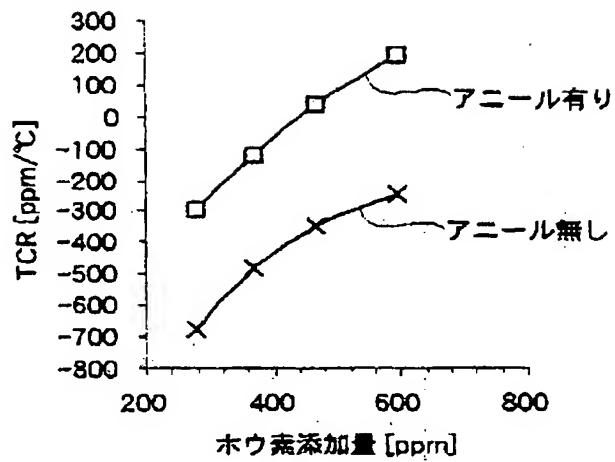
【書類名】

凶面

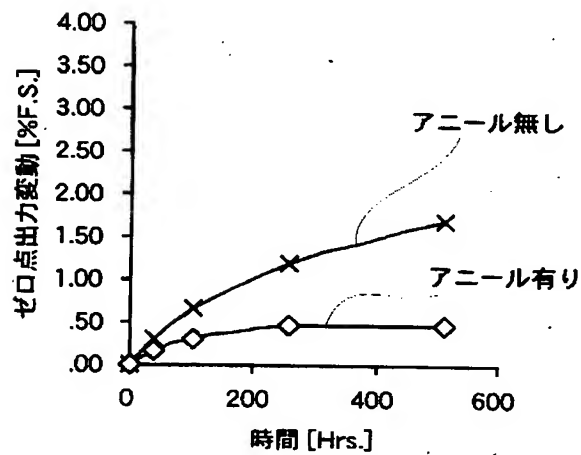
【図 1】



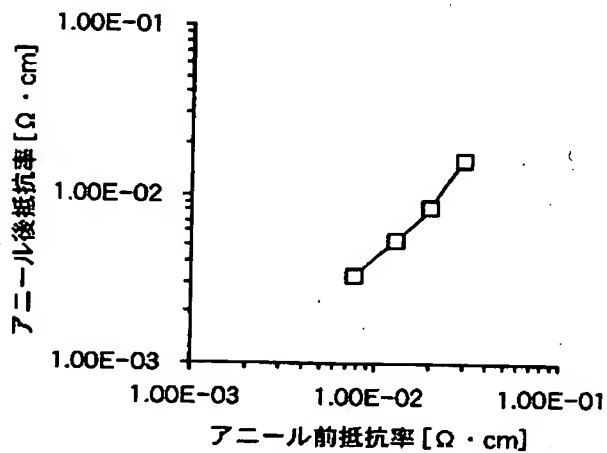
【図 3】



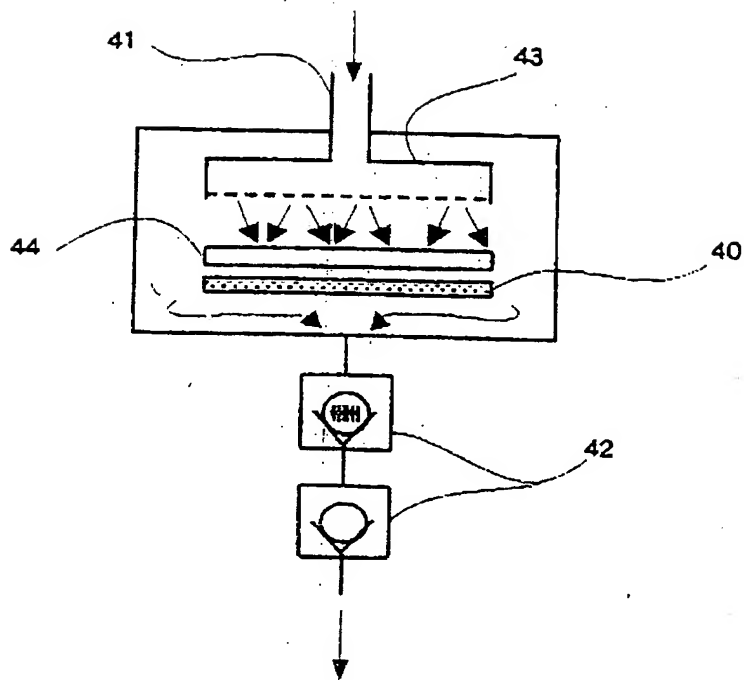
【図 4】



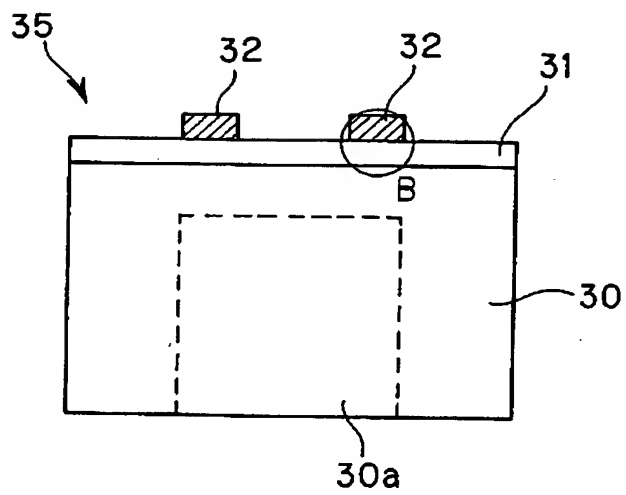
【図 5】



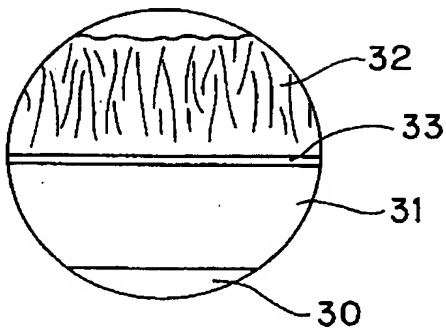
【図 6】



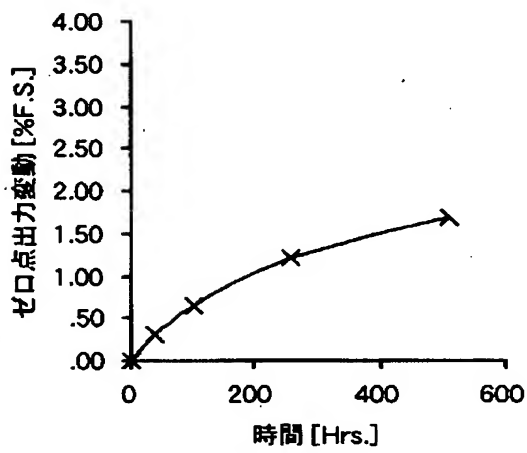
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、絶縁膜上に形成した多結晶シリコン薄膜の温度特性を悪化させずに高温時の負荷特性を改善できる歪みゲージを備えた歪み量検出装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の歪み量検出装置 1 は、起歪部 5 上に絶縁膜 1 0 を介して結晶性シリコン薄膜を形成し、前記結晶性シリコン薄膜を歪みゲージ 1 5 として利用する歪み量検出装置において、前記結晶性シリコン薄膜 1 5 と絶縁膜 1 0 との界面 9 が多結晶体である。

【選択図】 図 1

特願 2002-287881

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000150707]

- | | |
|----------|-------------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月23日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都大田区東馬込1丁目30番4号 |
| 氏 名 | 株式会社長野計器製作所 |
| | |
| 2. 変更年月日 | 1997年 9月 1日 |
| [変更理由] | 名称変更 |
| 住 所 | 東京都大田区東馬込1丁目30番4号 |
| 氏 名 | 長野計器株式会社 |